

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

BEATRIZ CURCI BARRETO

**ENCAPSULAMENTO DE LODO DE CURTUME COM CROMO EM
CONCRETO NÃO ESTRUTURAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2016

BEATRIZ CURCI BARRETO

**ENCAPSULAMENTO DE LODO DE CURTUME COM CROMO EM
CONCRETO NÃO ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ENCAPSULAMENTO DE LODO DE CURTUME COM CROMO EM CONCRETO NÃO ESTRUTURAL

por

BEATRIZ CURCI BARRETO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 02 de dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Rafael Montanhini Soares de Oliveira

Prof. Dr. Eudes José Arantes

Tecnólogo Fábio Kruger

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso de Engenharia Ambiental.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é primeiramente dedicado a Deus, por se fazer presente em todo meu caminho, tornando possível que este momento chegasse. Foi ele quem me deu força para superar todos estes cinco anos, e torna-los os melhores cinco anos de minha vida.

Agradecer à minha querida UTFPR, que pude acompanhar seu crescimento e que com ela, me fez crescer como pessoa e como profissional. Junto à faculdade, quero agradecer a todos os meus professores por todo conhecimento transmitido, técnicos e funcionários que colaboraram de alguma forma para a conclusão da minha graduação e sempre trataram todos tão bem.

Ao meu querido orientador Rafael, obrigada pelo apoio e por todas as ajudas, sempre se fazendo presente, auxiliando para que este trabalho pudesse ser concluído. Muito obrigada por triturar o lodo por mim.

Um agradecimento especial ao Fábio e a Karina, que auxiliaram todo o processo do meu trabalho de conclusão de curso, sendo sempre pacientes e prestativos.

Aos chefinhos que conquistaram seus lugares no meu coração, fazendo estes cinco anos passarem rápidos e cheios de aventura. Amanda, Bruno, Camila, Gabriela, Márcia, Natália e Samuel, vocês são minha família de Campo Mourão. Obrigada por todos os momentos juntos!

Um obrigado especial aos meninos do “Estudar que é bom, nada.” pelas inúmeras cachus, roles e risadas. Vocês são nota mil!

Para concluir, um agradecimento mais que especial a toda a minha família que sempre me apoiou, principalmente minha mãe, meu padrasto e meu pai que me apoiaram em todos os momentos e tornaram possível este sonho de se tornar engenheira.

E a todos aqueles que mesmo não citados, contribuíram de alguma forma, o meu muito obrigada!

RESUMO

BARRETO, BEATRIZ C. **Encapsulamento De Lodo De Curtume Com Cromo Em Concreto Não Estrutural**. 2016. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

A produção de couro está sempre em crescimento. Com ela, a geração de resíduos em suas indústrias estão estritamente associadas. Na produção do couro, o cromo é um dos principais materiais utilizados para a realização do curtimento, sendo absorvido apenas 60%, tornando o restante resíduo. O lodo gerado na estação de tratamento de esgoto dos curtumes, em grande parte, possuem metais pesados que dificulta sua disposição, ficando restrito aos Aterros de Resíduos Industriais Perigosos. O encapsulamento consiste em isolar um material agregando a outro material, tornando-o inerte e sem contato com o meio. Tendo em vista a alta taxa de produção de resíduos com cromo gerados pelas indústrias coureiras, este trabalho visa o encapsulamento do lodo proveniente de uma estação de tratamento de esgoto de um curtume localizado no norte do Paraná. O lodo foi agregado ao concreto em cinco proporções diferentes, sendo realizados corpos de prova para os testes de resistência de compressão. Houve um decréscimo já esperado na resistência do concreto com lodo agregado, porém, as proporções de 2% e 8% de lodo demonstraram uma resistência aproximada do corpo de prova em branco. Todos os concretos elaborados apresentaram resistência para serem caracterizados como concreto não estrutural.

Palavras-chave: Resíduo perigoso. Resistência mecânica. Agregado. Solidificação/Estabilização.

ABSTRACT

SORREQUE, Márcia H. C. **Encapsulation Of Chromium Sludge of Tannery In Non-Structural Concrete** 2016. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Ambiental - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

The production of leather is always growing. With it, the generation of waste in its industries are closely associated. In the production of leather, chromium is one of the main materials used for tanning, being absorbed only 60%, making the remaining residue. The sludge generated at the sewage treatment plant of tanneries, in large part, has heavy metals that makes it difficult to dispose, being restricted to Landfills of Hazardous Industrial Waste. The encapsulation consists of isolating a material by adding to another material, making it inert and without contact with the medium. Considering the high rate of production of chromium residues generated by the leather industries, this work aims to encapsulate the sludge coming from a sewage treatment plant of a tannery located in the north of Paraná. The sludge was added to the concrete in five different proportions, and test specimens were made for the compressive strength tests. There was an expected decrease in concrete strength with aggregate sludge, however, the proportions of 2% and 8% of sludge demonstrated an approximate resistance of the blank. All the concretes presented resistance to be characterized as non-structural concrete.

Key-words: Hazardous waste. Mechanical resistance. Added. Solidification/Stabilization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
3.1 CURTIMENTO DO COURO	9
3.2 LODO DE CURTUME	9
3.3 IMPACTOS DO RESÍDUO CROMADO	10
3.4 ENCAPSULAMENTO DE LODO CONTAMINADO	11
4 MATERIAIS E METODOS	13
4.1 COLETA DO LODO	13
4.2 SECAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO LODO	13
4.3 ELABORAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA	15
4.4 TESTES DE RESISTÊNCIA	16
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LODO	18
5.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO	19
6 CONCLUSÃO	21
REFERENCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O setor coureiro possui um amplo fornecimento de seus produtos, desde o vestuário ao automobilístico, desenvolvendo um mercado com altíssima exportação.

Em 2011 o Brasil foi eleito o segundo país com maior geração de couros, sendo de grande importância para a economia nacional, obtendo participação de 6,7% da balança comercial brasileira de acordo com o Centro de Indústrias de Curtumes do Brasil (CICB). A Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) com auxílio do CICB contabilizou no ano de 2014 um total de US\$2,948 bilhões em exportação de couros.

Com a alta produção de couros, as indústrias coureiras conseqüentemente geram uma grande quantidade de resíduos. Estes resíduos são provenientes das etapas que são realizadas no couro. Durante o processo de curtimento é comumente utilizado o procedimento chamado de *wet-blue*, onde é realizado o processo com aplicação de cromo no couro. Segundo Fabiani et al. (1997) no processo é afixado ao couro apenas 60-70% do cromo utilizado. O restante do cromo fará parte do resíduo líquido e sólido do processo, devendo assim, ser realizado o tratamento deste efluente antes de seu descarte final. São apresentados nas NBR 5398-1:2014 e NBR 13525:2016, da ABNT os níveis de cromo permitido para disposição no meio.

Estes resíduos podem ser dispostos em Aterros de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP), porém como a produção de couro aumenta a cada dia, o resíduo acompanha seu crescimento e, além do grande volume gerado, os mesmos são considerados como resíduos sólidos Classe I – perigosos segundo a NBR 10004 por conter uma taxa elevada de cromo.

Richter (2001) cita que um dos maiores transtornos no tratamento de esgoto e água é a disposição final do lodo da ETE onde envolve o custeio para o transporte para um local adequado e as restrições ao meio ambiente.

Além do cromo, são encontrados outros metais pesados no lodo de esgoto dos curtumes. Atualmente o destino comum de todo o lodo com metais pesados são os ARIPs, tornando sua capacidade cada vez menor, impondo a criação de novos ARIPs. Quando o aterro não exerce sua função adequadamente, há riscos de contaminação do solo e lençóis freáticos (KIPPER, 2013).

Para Oliveira et al. (2003) a tecnologia de encapsulamento vem sendo cada vez mais utilizada para reduzir o volume de resíduo a ser disposto nos ARIPs. Realizando o encapsulamento do cromo e demais metais pesados ao concreto, o mesmo não estará em contato ao meio ambiente, se tornando estável.

O presente trabalho tem o propósito de analisar a viabilidade do encapsulamento de lodo de tratamento de efluente com cromo do curtume em composição de concreto não estrutural. O curtume esta localizado em uma cidade do Norte do Paraná onde é realizado o curtimento de pele bovina.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Com o objetivo de minimizar a inserção lodo de curtume com presença de cromo em Aterros de Resíduos Industriais Perigosos, analisar a viabilidade do encapsulamento deste lodo em concreto não estrutural.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a dosagem de lodo a ser inserida no concreto não estrutural
- Listar a resistência do concreto não estrutural
- Caracterização do lodo de um curtume do norte do Paraná
- Preparação de corpos de prova

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CURTIMENTO DO COURO

O Brasil está no quinto lugar no ranking de produção de couro, sendo concentrada a produção nas regiões com um maior número de rebanhos e frigoríficos. Este setor gera um aumento no lucro líquido do país, sendo destinado grande parte de sua produção à exportação, elevando o PIB brasileiro (PACHECO, 2005).

Após a retirada da pele do animal pelo frigorífico, a mesma passa por diversas etapas, desde o pré-molho até chegar ao curtimento.

Para que no decorrer do tempo não haja alteração no couro, a pele necessita passar pelo curtimento. Neste processo, a mesma será pré-tratada, transformando o colágeno presente na pele para um estado imputrescível, tornando-a em couro. Para o processo de curtimento são encontradas três maneiras possíveis: a mineral, a vegetal e a sintética (PACHECO, 2005).

Segundo Pacheco (2005) o curtimento mais utilizado é o mineral, que por sua vez tem a utilização de cromo como a mais comum neste processo devido ao tempo relativamente curto do curtimento e pela qualidade que é conferida ao couro. Sendo normalmente utilizado o sulfato básico de cromo, em estado trivalente.

3.2 LODO DE CURTUME

Em cada setor dos curtumes são gerados efluentes que, por cumprimento a norma 357 de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é necessário a realização do tratamento deste efluente antes que seja despejado em rio.

Taylor et.al (1998) calcula que a cada tonelada de pele curtida, 200kg é de couro e 600kg de resíduos.

Aproximadamente 90% dos curtumes no mundo utilizam o processo de curtimento com cromo (BRITO, 2013).

Um dos maiores problemas dos curtumes é a grande geração de resíduo com metais pesados, sendo gerado uma grande quantidade de cromo. O destino final mais comum é o descarte em ARIP onde Amaral (2008) destaca que em locais onde há muita concentração de indústrias estes aterros atingem o limite máximo tendo necessidade da criação de novos aterros, e quando não há fiscalização, estes resíduos são algumas vezes descartados solo, sem cuidado algum.

3.3 IMPACTOS DO RESÍDUO CROMADO

O meio ambiente vem sofrido impacto desde o início da Revolução Industrial, onde aumentaram em grandes proporções a emissão de gases poluentes, efluentes contaminados, resíduos perigosos e outras poluições.

A indústria coureira é umas das principais fontes poluidoras (FORESTI, 1972).

A água é essencial para todos os processos da indústria do couro. É utilizada como solvente nos banhos de tratamento e nas lavagens das peles. A água fornecida pela companhia de abastecimento local entra limpa e sofre alteração durante as etapas, recebendo resíduos orgânicos e produtos químicos, resultando em um efluente com alto teor de contaminação e degradação ao meio ambiente (CÂMARA E GONÇALVES FILHO, 2007).

Liger (2012) salienta que a água que provem dos banhos realizados nas peles possui grande quantidade de cloreto de sódio e outros sais mineiras. Desta forma, quando são lançadas no solo impede o crescimento de plantas e quando despejado em rios, impede o crescimento de peixes.

Durante o processo do curtimento, é estimado por Ferreira (2012) que o cromo adicionado nesta fase, apenas 60% é absorvido pela pele, restando 40% como resíduo.

O cromo faz parte da vida humana, tendo importante relação com a saúde, economia e o meio ambiente. É um elemento essencial, mas também tóxico ao ser humano. Encontra-se naturalmente no solo, na poeira e em gases de vulcões. São encontrados três números de oxidação do metal: Cr (0), Cr (III) e Cr (VI). O Cr (III)

tem ocorrência natural no meio ambiente, sendo o Cr (VI) e o (0) geralmente gerados por processos industriais (MUNIZ et al, 2006).

Galvão e Corey (1987) dizem que a alta concentração de cromo pode acarretar problemas a saúde como dermatites alérgicas, corrosão no septo nasal, asma, câncer no pulmão e danos nos rins, sendo também altamente tóxico a plantas, animais e micro-organismos.

A NBR 10004 da ABNT determina o cromo classificado como resíduo de classe I sendo necessário a destinação à um aterro de resíduo industrial perigoso onde a Revista Química e Derivados (2003) ressalta que, pela falta de fiscalização dos órgãos responsáveis, a disposição incorreta acontece em algumas cidades.

Já Kipper (2013) complementa dizendo que como a maior parte de resíduos sólidos cromados são depositados em ARIPs, os mesmos acabam esgotando sua capacidade rapidamente, encontrando a necessidade da criação de novos, ocupando novas áreas de terras. Ainda cita que os resíduos sólidos da indústria coureira comprometem o meio ambiente principalmente sob dois aspectos: o alto tempo para degradação de alguns destes resíduos além do confinamento permanente de resíduos não biodegradáveis, inutilizando o solo por várias gerações ou permanentemente; e a concentração de cromo no solo e lençóis freáticos devido aos elevados volumes dispostos nos aterros.

3.4 ENCAPSULAMENTO DE LODO CONTAMINADO

Aterros necessitam de grande área de solo para confinamento de resíduos industriais perigosos, e como há demanda por couro, a produção mundial deve se manter, gerando grandes quantidades destes resíduos, que acabam sendo encaminhados aos aterros. Desta forma, com o passar do tempo, as áreas destinadas a aterros tendem a ficar escassas e estes resíduos continuarão existindo, gerando a necessidade de redução dos mesmos durante os processos do couro, sendo reaproveitado ou realizando tratamento dos resíduos (KIPPER, 2013).

Sendo assim, estudos buscam novas maneiras de isolamento e retenção dos resíduos contaminados para que seja evitado o acúmulo dos mesmos em aterros

para que haja controle da migração contaminante. Uma das técnicas utilizadas é o encapsulamento que pode ser chamado também de solidificação e estabilização

Segundo Barth e Percin (1990) a solidificação/estabilização consiste em uma forma de imobilizar o resíduo em uma matriz solidificada. Desta maneira, o resíduo permanece fixo no sólido elaborado. Para informações da quantidade de resíduo a ser adicionada, são necessárias análises laboratoriais. Não é de caráter obrigatório que haja interação química entre os contaminantes e sim que seja mecanicamente incorporada a matriz solidificada. São quatro tecnologias onde a solidificação pode ser aplicada: cimento, asfalto, polímero e cimento-polímero.

A técnica de tratamento de resíduos industriais por Solidificação/Estabilização antes da disposição em aterro vem sendo impulsionada pela necessidade de se melhorar o manuseio do resíduo, prover um produto tratado com alta resistência e integridade estrutural, bem como reduzir a mobilidade de poluentes no solo por lixiviação. Embora esta técnica seja amplamente utilizada há mais de 30 anos em países como os Estados Unidos, Alemanha, França, Inglaterra e Japão, no Brasil, esta tecnologia ainda é bastante recente e está basicamente direcionada ao tratamento de resíduos industriais classificados segundo a NBR 10.004 – Classificação de Resíduos – como Classe I (perigoso) e Classe II (não perigosos) (OLIVEIRA et al., 2003).

Glasser (1997) afirma que aspectos químicos e físicos do resíduo pode resultar alterações no processo de estabilização. Desta forma, quando aplicado ao cimento pode ocorrer alterações no tempo de hidratação, na resistência mecânica, na permeabilidade e em outras propriedades finais do material.

4 MATERIAIS E METODOS

A metodologia se deu da seguinte maneira: o lodo com cromo que é residual do curtume, em estado sólido, passará por uma secagem para reduzir a umidade presente. Posteriormente, o mesmo foi agregado a matriz cimentícia (cimento, areia, brita e água) substituindo em percentuais diferentes a areia.

Com estas diferentes dosagens, foram elaborados corpos de prova a fim de determinar a resistência de compressão com 28 dias.

4.1 COLETA DO LODO

Foram coletados 15 quilos de lodo com cromo, resíduo do processo de tratamento de esgoto de um curtume presente no norte do Paraná.

O lodo advindo da ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) deste curtume passa por um processo de secagem para a redução de umidade, reduzindo o volume do mesmo para que possa ser encaminhado ao aterro.

4.2 SECAGEM E CARACTERIZAÇÃO DO LODO

No lodo retirado da ETE foram feitas as caracterizações químicas e físicas por um laboratório credenciado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP) que realiza as análises de todo tratamento de esgoto do curtume.

O lodo coletado com uma umidade de aproximadamente 40% foi posto em uma estufa a 100°C por um período de 24 horas. Após a secagem, o lodo apresentou uma granulometria incompatível com o esperado, sendo necessário ser realizada a trituração do mesmo em um moinho representado pela figura 1.



Figura 1 - Lodo seco sendo triturado por moinho da marca Marconi

Após a moagem, no que diz respeito a agregados, a NBR 7217/2003 especifica a granulometria necessária para o material a ser inserido na matriz cimentícia. Desta forma, todo o lodo passou por uma peneira com abertura na malha de 4,75 mm.

4.3 ELABORAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

A NBR 5738 determina os tamanhos padrões para os corpos de prova. O escolhido foi de 10 cm de diâmetro por 20 cm de altura. Foram utilizados para a elaboração do concreto pedra, areia, cimento CP II – F32, água e lodo, seguindo os traços expostos na tabela 1.

Tabela 1 - Traços utilizados para composição do concreto

	0%	2%	5%	8%	11%
Brita (kg)	28,948	28,95	28,95	28,95	28,95
Cimento (kg)	7,336	7,336	7,336	7,336	7,336
Água (L)	4	4	4	4	4
Areia (kg)	16,246	15,92	15,43	14,95	14,46
Lodo (kg)	0	0,325	0,812	1,3	1,787

O traço adotado é o mais utilizado em obras de pequeno porte. É realizado na proporção 1:2:3 em volume, sendo 1 parte de cimento, 2 partes de areia e 3 partes de brita e complementando com água com o fator água cimento onde é multiplicado o volume utilizado de cimento por 0,55. Desta forma o lodo foi inserido substituindo, percentualmente, a areia.

Em cada traço, incluindo o corpo de prova em branco (sem resíduo), a NBR 5738/2003 recomenda que sejam realizadas 6 repetições para uma melhor comparação. Foram totalizados 30 corpos de prova.

Para a confecção dos corpos de prova cada traço foi elaborado individualmente, sendo moldados logo após a preparação, dispostos em duas camadas nos moldes, recebendo golpes de soquete para a homogeneização do mesmo, sendo necessária à espera de 48 horas para que fosse possível serem retirados dos moldes. Na figura 2 estão os corpos de prova após dois dias da preparação do concreto.



Figura 2 - Corpos de prova após a retirada do molde.

Posteriormente, os corpos de prova foram postos em um mesmo recipiente coberto de água para o tempo de cura necessário, permanecendo um total de 28 dias, para que assim possa ser realizado o ensaio de resistência de compressão.

4.4 TESTES DE RESISTÊNCIA

Seguindo as recomendações da NBR 5738/2003, após os corpos de prova permanecerem 28 dias submersos em água, foram postos para o teste de resistência de compressão. Araujo (2001) cita que após 28 dias não há alteração significativa na resistência do concreto. Na figura 3 é demonstrada a prensa utilizada, calibrada 1 dia antes das realizações dos teste.



Figura 3 - Prensa de compressão realizando compressão em um corpo de prova.

As rupturas de todos os corpos de prova foram realizadas todas no mesmo dia. Foi realizada a medição do diâmetro dos mesmos, que é necessário para o cálculo da área que interfere diretamente no resultado da resistência do concreto.

≥

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LODO

Todo o lodo utilizado na realização dos corpos de prova, passou pelo processo de moagem, sendo utilizado apenas os grãos que passaram pela peneira granulométrica com abertura de 4,75mm.

As características químicas foram fornecidas pelo curtume de onde foi retirado o lodo, sendo realizada a caracterização por um laboratório credenciado no IAP que estão descritos na tabela 2.

Tabela 2 - Características Químicas do Lodo de Curtume (continua)

Resultados					
Parâmetros	Resultados Analíticos	Res. CONAMA nº375/06	Un	L.Q.	Início Ensaio
Carbono Orgânico Total	19	-	g/kg	-	17/06/2016
Enxofre (como SO ₄ ⁻)	2.600,00	-	mg/kg	-	29/06/2016
Fósforo Total	<2,50	-	mg/Kg	2,5	06/06/2016
Nitrato (como N)	125	-	mg/Kg	0,5	10/06/2016
Nitrito (como N)	0,68	-	mg/Kg	0,01	09/06/2016
Nitrogênio Amonical	175.000	-	mg/Kg	-	07/06/2016
Nitrogênio Kjeldahl Total	2.275.000	-	mg/Kg	0	07/06/2016
pH em água	8,56	-	U pH	1	08/06/2016
Sólidos Totais	731.235	-	mg/kg	-	06/06/2016
Sólidos Totais Voláteis	292.560	-	mg/Kg	-	06/06/2016
Umidade Total	33,96	-	%	-	07/06/2016
MP de Coligormes Termotolerantes	2,0x10 ⁴ +0	-	NMP/g	1,8	06/06/2016
Ovos Viáveis de Helmintos	<1	-	ovo/g de ST	-	21/06/2016
Pesquisa de <i>Samonella sp</i>	Ausente	-	g de ST	1	09/06/2016
Vírus Entéricos	<0,25	-	UFF/g de ST	0,25	09/06/2016
Arsênio	<0,20	até 41,0	mg/Kg	0,2	15/06/2016
Bário	<2,5	até 1.300,0	mg/Kg	2,5	09/06/2016
Cádmio	0,42	até 39,0	mg/Kg	0,25	09/06/2016
Cálcio	7,45	-	mg/Kg	0,5	09/06/2016
Chumbo	<2,50	até 300,0	mg/Kg	2,5	21/06/2016
Cobre Total	2,6	até 1.500,0	mg/Kg	0,5	09/06/2016
Cromo Total (base seca)	2.390	até 1.000,0	mg/Kg	0,5	09/06/2016
Magnésio	7,45	-	mg/Kg	0,5	15/06/2016
Mercúrio	<0,02	até 17,0	mg/Kg	0,02	09/06/2016
Molibdênio	<25,00	até 50,0	mg/Kg	25	09/06/2016
Níquel	2,55	até 420,0	mg/Kg	0,5	09/06/2016
Potássio	700	-	mg/Kg	2,5	21/06/2016

Parâmetros	Resultados Analíticos	Res. CONAMA nº375/06	Un	L.Q.	(conclusão)
					Início Ensaio
Selênio	0,28	até 100,0	mg/Kg	0,2	21/06/2016
Sódio	4.500,00	-	mg/kg	2,5	09/06/2016
Zinco Total	4,88	até 2.800,0	mg/kg	0,25	09/06/2016

Fonte: Curtume localizado no Norte do Paraná (2015)

De acordo com o NBR 100004:2004, com os dados acima pode-se classificar o resíduo da ETE deste curtume como de Classe I.

5.2 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A compressão realizada em todos seis corpos de prova, resultou as resistências em MPa expressos na tabela 3 e pela figura 4 com as médias.

Tabela 3 – Resultados obtidos nos testes de resistência mecânica

		% de lodo aplicada				
		0%	2%	5%	8%	11%
Resistência dos corpos de prova (MPa)	1	16,26	12,87	11,55	13,39	11,16
	2	16,12	16,59	10,56	12,81	11,43
	3	18,47	15,2	11,24	13,85	10,68
	4	19,68	13,95	10,46	11,99	12,13
	5	16,06	12,03	12,21	11,25	13,45
	6	19,24	14,71	10,22	15,57	11,8
	média	17,37	14,33	10,9	13,1	11,62

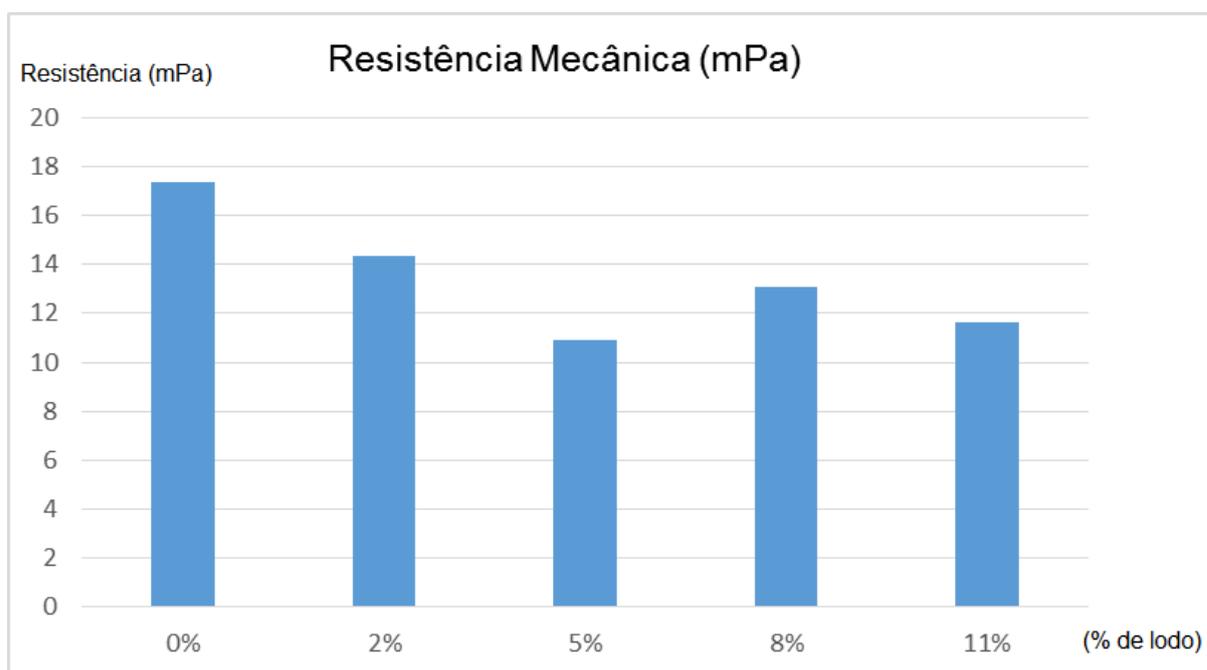


Figura 4 - Gráfico comparativo da média dos resultados obtidos

Sendo 0% a amostra em branco, pode-se observar que já na primeira adição de lodo ao concreto, apenas 2%, houve um decréscimo de aproximadamente 17% em sua resistência. O declínio continua quando é inserido 5%, obtendo uma perda de 37% da amostra em branco. Peron (2008) realizou testes com lodo de curtume, onde obteve um decréscimo de 35% já na primeira amostra com o lodo agregado.

Um salto no gráfico ficou explícito quando foram realizados os testes nos corpos de prova com 8% de lodo adicionado a matriz cimentícia. Possuindo uma diferença de apenas 4,2 MPa do corpo em branco. Já Peron (2008), com esta mesma porcentagem de agregado, apresentou uma resistência inferior.

A última amostra contendo o volume mais alto de lodo apresentou a segunda menor resistência de todo o teste. Contudo, está acima do valor mínimo de resistência para concreto não estrutural, que são 10 MPa.

6 CONCLUSÃO

O lodo fornecido pelo curtume, de acordo com a NBR 10004:2004 é um resíduo de Classe I devido ao nível elevado de metais pesados contidos no mesmo identificado na caracterização química.

O lodo referido contendo alta quantia de cromo, foi adicionado ao concreto com o intuito de analisar a alteração que se daria a resistência do mesmo, variando a quantidade a ser inserida.

Com diferentes acréscimos e lodo a matriz de cimento, notou-se que houve um declínio não linear da resistência oferecida pelo concreto.

De acordo com a NBR 6118:2004 o concreto estrutural deve apresentar no mínimo 20 MPa. Para concreto não estrutural, que é o intuito do estudo, sua resistência deve ser de no mínimo 10 MPa.

Em todas as diferentes porcentagens de lodo, os corpos de prova testados apresentaram um nível de resistência superior a 10 MPa, estando aptos para uso neste quesito. Contudo, os corpos de prova com 8% demonstraram um melhor resultado mesmo com uma alta taxa de lodo inserido.

O decréscimo no desempenho da resistência já era o esperado devido a sua composição, possuindo alta quantia de matéria orgânica que auxilia na diminuição de resistência. Neste estudo foi possível quantificar qual é a perda que o concreto com lodo obtém, comparando com o corpo em branco, nas proporções de 2%, 5%, 8% e 11%.

Para a utilização deste concreto não estrutural recomendam-se mais testes aprofundando as melhores porcentagens, realizando estudos entre 5% e 10%. Testes de solubilidade e lixiviação são recomendados para que possa ser utilizado, como por exemplo, em pavimentação urbana (calçadas).

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 5738: Moldagem e Cura de Corpos-de-Prova Cilindricos e Prismaticos de Concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 5739: Concreto – Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndrico**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 6118 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR: 7217: Agregados – Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR: 10004: Resíduos Sólidos: Classificacao**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ARAÚJO, J. M. **Estrutura de concreto: a resistência à compressão e critérios de ruptura para o concreto**. Rio Grande, Dunas, 2001.

PERON, AUREA BEATRIZ. **Encapsulamento do cromo proveniente do lodo de curtume, em matrizes de cimento, visando a Resistência mecânica à compressão e os limites de Lixiviação e solubilização**. Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2008.

BARBOZA, M. R.; BASTOS, P. S. **Traços de concreto para obras de pequeno porte**. Universidade do Estado de São Paulo, Faculdade de Engenharia de Bauru, Departamento de Engenharia Civil, 2013. Disponível em: <<http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/08/tabelas-praticas-de-tracos-concreto.html>> Acesso em: 07 de maio de 2016

BARTH, E.F.; PERCIN, P. **Stabilization and solidification of hazardous wastes**. Park Ridge, Noyes Data, 1990. (Pollution technology review, n.186).
BRITO, A. G. Impactos Ambientais Gerados Pelos Curtumes. 9º Colóquio de Moda, Fortaleza – CE, 2013.

CÂMARA, R. P. de B.; GONÇALVES FILHO, E. V. **Análise dos Custos Ambientais da Indústria de Couro Sob a Ótica da Eco-eficiência.** Custos e @gronegócios online, v. 3, n. 1, Jan/Jun 2007.

Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil. Disponível em: <<http://www.cicb.org.br/>> Acesso em: 22/04/2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005 Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63.**

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **RESOLUÇÃO Nº 375 , DE 29 DE AGOSTO DE 2006.**

FABIANI, C.; RUISCIO, F.; SPADONI, M.; PIZZICHINI, M. **Chromium (III) Salts Recovery from Tannery Wastewaters.** *Desalination*, v. 108, n.1/3, 1997. p. 183-191.

GALVÃO, L.A.C.; COREY, G. **Série Vigilancia 5 - Cromo.** Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud; Organización Panamericana de la Salud; Organización Mundial de la Salud. Metepec, México, 1987.

KIPPER, E. **Tratamento Enzimático e Produção de Biogás Por Resíduos Sólidos de Curtume.** Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013.

MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C.; **Universitas: Ciências da Saúde.** Centro Universitário de Brasília, 2006.

OLIVEIRA, D.M.; CASTILHOS Jr.; MEIOTELLO, E. **Avaliação da solidificação/estabilização de borras oleosas utilizando caulinita e vermiculita como materiais adsorventes.** In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, 2003.

PACHECO, J. W. F. **Curtumes.** Série P + L. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, 2005.

RICHTER, C.A. **Tratamento de Lodo de Estação de Tratamento de Água.** Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 2001.

TAYLOR, M. M.; CABEZA, L. F.; BROWN, E. M.; MARMER, W. N., **Processing of leather waste:** Pilot scale studies on chrome shavings. Part I Isolation and characterization of protein products and separation of protein products and separation of chrome cake. **JALCA**, v.93, p 61-82, 1998.